

ADAPTACIÓN DE UNA CÁMARA DE ÓXIDO DE ETILENO A GAS INERTE DE NITRÓGENO

Una opción ventajosa para la erradicación de insectos en bienes culturales

Amelia Gómez Fernández

Luis Montes de Oca

Maritza Dorta Valdés

Lázaro O. Castañeda *

INTRODUCCIÓN

Aunque el óxido de etileno fue ampliamente usado en el mundo aplicado a la desinfección de bienes culturales, a finales de la década de los ochenta, las investigaciones realizadas alentaban su prohibición, debido a su probada toxicidad aguda y crónica para el hombre, siendo declarado cancerígeno ocupacional potencial y al daño a los polímeros constituyentes de algunos materiales por su alta reactividad (Garmam, 1985; Mc. Giffin, 1985; Smith, 1986; Florian, 1987; Green, 1987; Trehorel, 1988; Brokerhof, 1989).

La fumigación con atmósfera controlada de gas inerte de nitrógeno, con un contenido menor de 0,1% de oxígeno, ha demostrado su eficacia en la eliminación de los insectos por su efecto letal, producto de la anoxia completa en todas las fases del ciclo biológico. Este gas no es tóxico y por su propia naturaleza es estable; por lo que no produce alteraciones en las propiedades físico-químicas y mecánicas en los objetos tratados (Valentín, 1990 y 1994 ; Trucco, 1995).

El Laboratorio de Conservación y Restauración del Instituto de Historia de Cuba, teniendo en cuenta estos criterios, realizó la adaptación de su cámara de óxido de etileno a gas inerte de nitrógeno. La aplicación de este método de erradicación de insectos en bienes culturales, constituye la primera experiencia en Cuba y demuestra la factibilidad de su empleo.

En este trabajo se exponen los ajustes necesarios en la cámara, la estandarización de los nuevos parámetros de trabajo, así como los ensayos realizados.

* Instituto de Historia de Cuba
Gabinete de Conservación
Oficina del Historiador

MATERIALES Y MÉTODOS

- * Cámara al vacío de óxido de etileno. Marca Sakura, japonesa. Capacidad 0.79 m³
- * Tanque de nitrógeno sistema de acople. Manorreductor.
- * Oxímetro. Systech Instruments, LTD. England.
- * Termohigrógrafo. VEB Feingeratbau. RDA.
- * Lámina de adsorción superficial (LADS). Tecnología Cuba 9. Tamaño (40 X 20 cm). Lámina de cartón corrugado con una capa de zeolita pulverizada como adsorbente. Regeneración a 140° C por 2 horas
- * Insectos de prueba.
 - Orden *Coleoptera*
 - Familia *Anobiidae*
 - Lasioderma serricorne* (Fabricius)
 - Stegobium paniceum* (Linnaeus)
 - Familia *Tenebrionidae*
 - Tribolium castaneum* (Herbst)
 - Familia *Mylabridae*
 - Amblycerus* sp
 - Orden *Isoptera*
 - Familia *Kalotermitidae*
 - Cryptotermes brevis* (Walk)
- * Colecta de insectos

Los coleópteros, en fase adulta, se colectaron con pinzas planas en almacenes de alimentos infectados, de diferentes sustratos, tales como harina de trigo y frijol. Los insectos se colocaron en frascos con el mismo medio alimenticio de donde fueron colectados.

Las termitas se colectaron de diferentes maderas infectadas en la institución. Las maderas se colocaron

en peceras de acrílico elaboradas con ese fin.

- * Cría de insectos

Los ejemplares correspondientes a la especie *Tribolium castaneum* fueron criados en frascos de vidrio de boca ancha, con 10 g de harina de trigo estéril, tapados con tela antiáfido de 40 mesh.

Se realizaron pases sucesivos de los adultos cada 13-15 días a medio fresco, con una cantidad de 20 a 30 adultos por frasco. Los adultos, pupas, larvas y huevos se mantuvieron en un cuarto de siembra adaptado para la cría con ambiente no regulado. La temperatura osciló de 20° a 30° C y la humedad entre 45 y 85%, durante los meses de cría.

- * Cámara de cuarentena

Se habilitó una cámara de aireación de materiales fumigados y se preparó de forma aséptica. La misma posee un cierre hermético con dos ventanas, que permiten el tiro forzado del aire por medio de un extractor. Las ventanas se protegieron con tela antiáfido de 40 mesh, para evitar la reinfestación o la migración de plagas hacia el exterior.

- * Ensayos

Los libros, insectos de prueba, termohigrógrafo y LADS, se colocaron en el carro de la cámara y se expusieron al nitrógeno.

Los parámetros prefijados para las pruebas fueron:

- volumen de documentación -0.2 m³
- número de LADS: 21
- pureza de nitrógeno: 99.9%
- vacío: 70 cm/Hg
- presión de salida del balón: 0.9 mBa
- presión de entrada del nitrógeno:

5 Kg/cm²

presión interna máxima: 0.6 Kg/cm²

tiempo de anoxia*: 7 días

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las adaptaciones necesarias fueron mínimas, requiriéndose varias pruebas para la estandarización de los nuevos parámetros de trabajo, tales como concentración de oxígeno dentro de la cámara, temperatura, humedad, número de purgas y barridos.

Para el acople del tanque de nitrógeno a la cámara fue necesario instalar un manorreductor que regulara la presión de salida del gas, además de dos piezas (birolas), para lograr la máxima hermeticidad.

Cuando la cámara funcionaba con el óxido de etileno no era necesario medir la concentración de oxígeno; por lo que no existía ningún sensor que registrara su valor. Al cambiar el sistema a nitrógeno, se necesita un nivel mínimo de oxígeno para producir realmente la anoxia. Es por esto que fue necesario acoplar un oxímetro a la cámara. En la misma se detectó la presencia de un orificio que estaba sellado y que nos permitió instalar una tubería con una llave de paso para gases y de esta manera purgar el aire dentro de la cámara y medir la concentración de

oxígeno presente.

Al medir la concentración de oxígeno de los tanques de nitrógeno (pureza 99.9%), se determinó que oscilaba de 0.003 a 0.029%. Entre las impurezas presentes se encontró además argón, que es un gas noble y según Valentín (1994) es mejor que el nitrógeno para este propósito. Por lo anterior podemos decir que el nitrógeno producido en Cuba en la Empresa de Gases Industriales cumple con los requisitos de calidad para este trabajo.

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en la mortalidad de los insectos en los diferentes ensayos y sus condiciones experimentales.

En referencia a la temperatura, ésta varió de acuerdo a la ambiente; sin embargo en general se mantuvo en el rango de 20° - 30 °C. Con respecto a la humedad, osciló entre 45-75%, obteniéndose los niveles más bajos en los momentos de hacer los vacíos a la cámara y subiendo paulatinamente hasta estabilizarse en los valores máximos. Aunque la humedad inicial dependía de la humedad ambiente y por consiguiente de la humedad en los materiales dentro de la cámara, la zeolita presente en las LADS absorbía la humedad hasta saturarse, estableciéndose de esta forma un

Tabla 1. Mortalidad de insectos y condiciones experimentales en los diferentes ensayos

ensayo	temperatura (°C)	humedad relativa (%)	número de barridos	conc. oxígeno (%)	mortalidad insectos (%)
1	30	50-65	3	-	100
2	27-28	60-73	3	0.18	100
3	20-25	45-70	2	0.12	100

*exposición a partir de alcanzar la concentración de oxígeno deseada.

equilibrio dinámico. Esto permitió que los valores nunca llegaran a ser tan altos como en el exterior de la cámara.

Según Valentín (1993) mientras mayor es la temperatura y menor la humedad, el efecto de anoxia se incrementa, ya que el metabolismo del insecto se hace más rápido. Además ocurren los fenómenos de hiperventilación y desecación, siendo este último muy importante en el caso de los huevos.

Como se observa en la tabla 1, en el primer ensayo se trabajó en la cámara con nitrógeno, pero con el mismo sistema operativo del óxido de etileno sin medir el oxígeno. En esa prueba se realizaron tres vacíos y se llenó la cámara tres veces hasta alcanzar la presión interna deseada. Después se mantuvo con esa presión de nitrógeno, y a partir de ese momento se contaron los 7 días de anoxia.

Al terminar la prueba, se observó cómo los coleópteros adultos permanecían inertes en la superficie del medio alimenticio y en el caso de las termitas, muchas de ellas se encontraban impactadas en la pecera debido a que habían salido de sus galerías por la anoxia.

Después de un mes en la cámara de cuarentena, el harina de los pomos fue tamizada y se comprobó que el 100% de los coleópteros estaban muertos, al igual que las termitas al expurgar la madera.

En el caso de la especie *Tribolium castaneum*, objeto de la cría, pudo comprobarse que el nitrógeno fue efectivo en todas las fases de su ciclo de vida. Murieron de esta especie 200 adultos; 105 de más de 2 meses y 95 jóvenes con 15 días. Entre larvas y pupas se contaron 500 ejemplares. No se detectó viabilidad ninguna en los huevos.

Esta primera prueba demostró que el sistema funcionaba, pero se consumía prácticamente todo el tanque en cada tratamiento. En la segunda prueba, al medir la concentración de oxígeno, podíamos parar el proceso, toda vez que se alcanzara la concentración deseada. En esta prueba se realizaron tres vacíos y tres barridos y se alcanzó un valor mínimo de 0.18% de oxígeno con un 100% de mortalidad en los insectos; sin embargo nos percatamos de que el sistema no tenía hermeticidad y entraba algo de aire. Se sabe que el aire tiene alrededor de 22.4% de oxígeno; por lo que una mínima cantidad de este elemento alteraba el proceso.

En la tercera prueba, y subsanados los problemas anteriores, se midió periódicamente la cantidad de oxígeno, la presión interna de la cámara y el tiempo transcurrido. Estos resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Mediciones en la tercera prueba

Primer barrido		
Tiempo (horas)	Presión cámara	Concentración oxígeno (%)
0	70 cm/Hg	-
3:20	0 *	2.31
4:15	0.3 km/cm ²	1.63
4:30	0.4 km/cm ²	1.60
5:20	0.6 km/cm ²	1.36
Segundo barrido		
0	70 cm/Hg	-
2:40	0 *	0.20
3:45	0.4 km/cm ²	0.15
4:30	0.6 km/cm ²	0.12

*Presión normal

Como puede observarse, después del primer vacío, cuando la cámara está llena de nitrógeno a presión normal, la concentración de oxígeno disminuye a 2.31%; y al llegar a los 0.6 Kg/cm² de presión, disminuye a 1.36%. Como este valor aún se consideraba alto, se realizó un segundo vacío y un barrido y se repitió el mismo proceso, alcanzando una concentración mínima de 0.12% de oxígeno, nivel permisible para la anoxia, si se considera que Valentín (1994) refirió que en cámara sólo son necesarios 3 días de anoxia a 0.05% y en este caso se extendería a 7.

La mortalidad en esta tercera prueba fue igualmente del 100% y se consumieron sólo 6 mPa de presión del tanque, que tiene una capacidad de 14mPa; por lo que un tanque rinde dos tratamientos de fumigación y se abarata de esta forma el proceso.

Si resumimos los parámetros de trabajo de nuestra cámara, son los siguientes:

- Pureza del nitrógeno: 99.9%
- Concentración de oxígeno del tanque: 0.003 a 0.029%
- Presión de salida del nitrógeno: 0.9 mPa
- Presión de entrada del nitrógeno: 5 Kg/cm²
- Vacío: 70 cm/Hg
- Presión máxima en la cámara: 0.6 Kg/cm²
- Temperatura: 20° a 30° C
- Humedad relativa: 45 a 75%
- Número de LADS: 21
- Número de vacíos: 2
- Número de barridos del nitrógeno: 2
- Concentración máxima de oxígeno: 0.18%

Tiempo de anoxia: 7 días

El cumplimiento de los parámetros de trabajo de la cámara nos permite prescindir de la medición de oxígeno de forma sistemática, comprobando su valor sólo cuando se estime necesario o cuando se observe algún resultado negativo en cuanto a la mortalidad de los insectos contaminantes.

Este estudio y su aplicación permiten aprovechar una capacidad instalada, con un gas como el nitrógeno, que ofrece una opción benévola y ventajosa para la erradicación de insectos en bienes culturales; pero las posibilidades en su empleo son más amplias, ya que puede ser aplicado en bolsas de plástico de barrera o baja permeabilidad al oxígeno, adaptándose al volumen y forma del objeto a fumigar.

CONCLUSIONES

Es posible transformar las cámaras de óxido de etileno a gas inerte de nitrógeno con un mínimo de adaptaciones y recursos.

Se comprueba la efectividad del método de fumigación por atmósferas modificadas de gases inertes en este caso el nitrógeno, por el 100% de mortalidad de los insectos de prueba en todas las fases de su ciclo biológico, bajo las condiciones de trabajo de nuestra cámara.

La fumigación con nitrógeno en bienes culturales representa una opción posible y ventajosa, ya que no es tóxico, no produce alteraciones en los objetos tratados, se encuentra disponible en el país y tiene un bajo costo.

BIBLIOGRAFÍA

- Brokerhof, A. W. *Control of fungi and insects in objects and collections of cultural value*. CL. Central Research Laboratory for Objects of Art and Science, Amsterdam 1989 pp. 10-39
- Florian, Mary-Lou. *The effect on artifact materials of the fumigant ethylene oxide and freezing used in insect control*. ICOM, Sydney, Working group 3, 1987, pp. 199-201
- Garman, R. H.; Snellings, W.; Maronpot, R. R. "Brain Tumors in F 344 rats associated with chronic inhalation exposure to ethylene oxide." en *Neuro Toxicology* No. 6, E.U., 1985, p 118-136
- Green, L. y Daniels, V. *Investigation of the residues formed in the fumigation of museum objects using ethylene oxide*. London, 1987, p. 309-313
- Mc. Giffin, R. F. *A current status report on fumigation in museums and historical agencies*. Technical Report 4. American Association for State and Local History, Tennessee, 1985, p. 1-15
- Peltz, P. y Rossol. M. *Safe pest control procedures for museum collections*. Center for Occupational Hazards, New York, pp. 1-8
- Smith. R. D. *Fumigation quandary, more overkill or common sense?* Paper Conservator, Oxford, 1986, pp. 46-50
- Trehorel, M. *Aspects réglementaires concernant l'utilisation l'oxide d'éthylene incidence sur la conception et la nuse in ceuvre des équipements de désinfection*. Patrimoine culturel et attention biologiques, Pochers, 1988, pp. 55-69
- Trucco, R. E. "Atmósferas anoxias, una alternativa benévola para la fumigación en museos. Museo Imperial, Petrópolis." Ponencia presentada en la II Reunión Red de Trabajo de Clima Tropical. CNCRM, Cuba, 1995, 8 p.

Valentín, N. *Biodeterioration of library materials, disinfection methods and new alternatives*. Paper Conservator, Oxford, 1986, pp. 40-45

Valentín, N.; Lidstrom, M. y Preusser, F. "Microbial control by low oxygen and low relative humidity environment" en *Studies in Conservation* No. 35. London, England, 1990, pp. 22-230

Valentín N. y Preusser, F. "Insects control by inert gases in museums, archives and libraries" en *Restaurator* No. 11. Copenhagen, 1990, pp. 22-33.

---- *Nitrogen for biodeterioration control on museum collections*. Biodeterioration Research Plenum Press, New York, 1990, pp. 511-523.

Valentín, N. *Contaminación biológica en materiales arqueológicos y su erradicación por medio de tratamientos no tóxicos*. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, España. pp. 113-120 (Cuadernos. Conservación Arqueológica)

---- *Insect eradication in museums and archives by oxigen replacement, a pilot project*. Control of Biodeterioration. ICOM, Committee for Conservation, Working group 25, 1990, pp. 821-825

---- *Comparative analysis of insects control by nitrogen, argon and carbon dioxide in museum, archive and herbarium collections*. International Biodeterioration and Biodegradation Elsevier Science Limited, Great Britain, 1994, pp. 263-278

Wellheiser, J. G. *Nonchemical Treatment processes for desinfestation of insects and fungi in Library Collections*. V. G. Saur, RFA., 1992, 118 p.